



# I. Vers la mise en place de pratiques phytosanitaires adaptées à une demande diversifiée

En Afrique de l'Ouest, l'éclatement des structures classiques de vulgarisation, lié à la privatisation des filières cotonnières, s'ajoute à des problèmes entomologiques nouveaux, comme l'apparition de ravageurs dont les biotypes sont plus virulents ou les populations résistantes aux pesticides. Ces contraintes récentes impliquent une évolution sensible des objectifs et des modes d'intervention de la recherche en matière de gestion des populations de ravageurs. Si les obstacles phytosanitaires sont souvent identiques dans les grandes zones de production, la stratégie des agriculteurs peut être variable, selon qu'ils cherchent à optimiser leurs investissements ou qu'ils doivent tout simplement assurer la sécurité alimentaire de la famille. La recherche doit aussi tenir compte de ces situations et apporter des recommandations adaptées.

## Les problèmes parasitaires : des changements permanents, marqués et parfois imprévisibles

### Le complexe parasitaire du cotonnier n'est pas un ensemble stable

L'identification des espèces présentes dans un agrosystème, qu'elles soient nuisibles aux cultures ou considérées comme utiles, est un préalable essentiel aux études phyto-

sanitaires (encadrés I.1 et I.2). Mais les ravageurs du cotonnier ne constituent pas un ensemble stable : la part de chaque espèce peut évoluer dans l'espace et dans le temps. Si certains ravageurs se rencontrent dans des conditions climatiques ou dans des zones géographiques bien définies (tarsonème dans certaines régions d'Afrique de l'Ouest et du Brésil, *Amrasca* en Asie du Sud-Est), d'autres peuvent apparaître brutalement, comme l'anthronome au Brésil ou, plus récemment, les thrips en Côte d'Ivoire (encadré I.3).

Dans certains cas, l'accession au rang d'insecte clé est le résultat d'une évolution plus ou moins rapide, comme celle du lépidoptère *Cryptophlebia leucotreta* ou de l'aleurode *Bemisia tabaci* (encadré I.4). A l'opposé, l'importance de certaines espèces

M. VAISSAYRE (Cirad-ca, programme Coton, France)

## Encadré I.1

## Faunistique et taxonomie : une spécialité au Cirad

Le Cirad a développé une unité chargée de l'étude des agrobiocénoses tropicales et plus particulièrement de l'identification des ravageurs et des auxiliaires observés sur les plantes cultivées des régions chaudes ou dans les denrées entreposées. Cette unité de recherche possède une collection de référence, progressivement enrichie depuis une vingtaine d'années, qui comporte environ 250 000 spécimens préparés, représentant une dizaine de milliers d'espèces identifiées. Un réseau de spécialistes appartenant à divers instituts français ou étrangers s'est tissé autour de ce pôle (Institut national de la recherche agronomique, Muséum d'histoire naturelle de Paris, British Museum à Londres, International Institute of Tropical Agriculture à Cotonou, etc.).

L'extraordinaire diversité qui caractérise les insectes a obligé chaque taxonomiste, en plus de ses compétences générales, à se spécialiser dans un groupe particulier : le Cirad dispose ainsi de spécialistes des héétéoptères, des coléoptères et des hyménoptères parasitoïdes d'autres insectes. Grâce à eux, plus de 50 espèces nouvelles ont été décrites, ainsi que quatre genres inconnus jusqu'alors. Cette unité est également sollicitée pour des missions d'appui technique : collectes et inventaires, aide à la reconnaissance, formation. Des formations collectives sont organisées régulièrement (quatre sessions annuelles) et des manuels de reconnaissance des insectes sont publiés périodiquement (DELVARE et ABERLENC, 1989).

Les inventaires ont concerné l'Afrique subsaharienne (Tchad, Cameroun, Côte d'Ivoire, Togo, Bénin) et ont été publiés (EKUKOLE, 1993 ; LECCEUR et VAISSAYRE, 1991 ; SILVIE, 1991, 1993 ; SILVIE *et al.*, 1989, 1993). Ont notamment été étudiés les complexes parasitoïdes et prédateurs associés à *Syllepte derogata* et *Aphis gossypii*. La faune rencontrée au Paraguay a été étudiée avec une attention approfondie pour le complexe entomophage associé à *Eutinobotrus brasiliensis* (MICHEL, 1992, 1993 ; MICHEL et PRUDENT, 1987).

Contact : G. DELVARE (Cirad-amis, laboratoire Entotrop, France)



Dégâts directs  
d'insectes. Cirad



## Encadré I.2

## L'électrophorèse pour caractériser des individus au sein d'une population

Des comparaisons entre espèces appartenant à un même genre et à l'intérieur d'une même espèce (populations d'origines géographiques différentes par exemple) peuvent être réalisées par électrophorèse isoenzymatique. Effectuée sur gel d'amidon, de polyacrylamide ou d'acétate de cellulose, cette technique consiste à séparer, par migration dans un champ électrique, des protéines (isoenzymes) de l'insecte qui diffèrent par leur taille, leur charge électrique ou leur conformation. Les isoenzymes, qui possèdent une même fonction catalytique mais présentent des différences de charge, sont révélées sous forme de bandes colorées. Leur comparaison permet de caractériser une population ou une espèce. Cette technique a l'avantage d'être reproductible, mais elle demande des conditions strictes de prélèvement et de conservation des insectes.

Une série de comparaisons d'équipements enzymatiques a ainsi permis de caractériser des populations de *Plutella xylostella* et de leurs parasitoïdes associés en fonction de leurs origines géographiques et d'expliquer des comportements différents. Il est envisageable de caractériser de façon similaire des populations d'insectes nuisibles au cotonnier dont on cherche à définir l'aire de répartition et à déterminer des biotypes pour lesquels le comportement ou les dégâts semblent différents.

Contact : S. BIROT (Cirad-amis, laboratoire Entotrop, France)

Dégâts trophiques  
d'insectes. Cirad



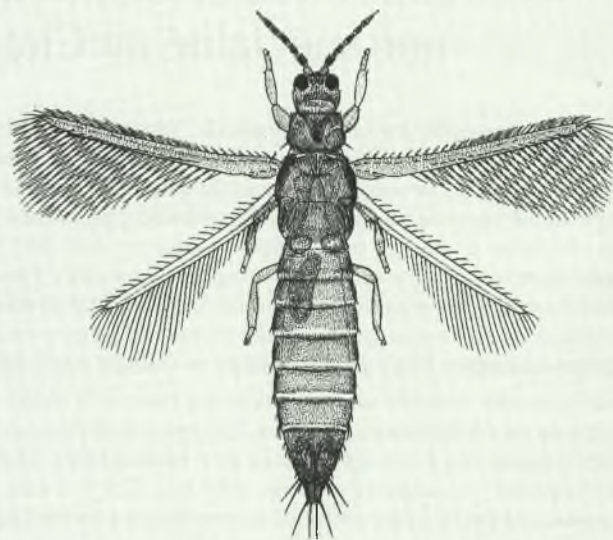


## Encadré I.3

## Deux nouveaux thysanoptères déprédateurs du cotonnier en Côte d'Ivoire

*Scirtothrips dorsalis* Hood et *Thrips palmi* Karny (thysanoptères, Thripidae) ont été signalés pour la première fois en Côte d'Ivoire en 1998. Si la seconde espèce est devenue pantropicale et a été identifiée au Nigeria et au Soudan, la première n'a probablement été introduite que récemment d'Asie. Bien que de nombreuses plantes hôtes leur soient attribuées, ces insectes ont pour l'instant été récoltés, dans la région de Bouaké, seulement sur cotonnier. *S. dorsalis* peut causer de graves dégâts : destruction de plantules, nécroses foliaires, déformation des plants, chute d'organes fructifères. Les pertes de récolte consécutives à des attaques massives, liées à des périodes de sécheresse, peuvent être considérables. La description et les caractères taxonomiques des deux espèces ont été publiés (BOURNIER, 1999).

Contact : J.-P. BOURNIER (Cirad-amis, laboratoire Entotrop, France)



Thrips. Cirad

## Encadré I.4

## Caractérisation de souches de *Bemisia tabaci* par des techniques de biologie moléculaire

L'accroissement des dégâts dus à *Bemisia tabaci* est essentiellement attribué à l'apparition d'un biotype plus agressif, présent aujourd'hui dans plusieurs régions du monde. Certaines caractéristiques biologiques de ce biotype ont même incité des entomologistes à élever l'insecte au rang d'espèce nouvelle : *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring.

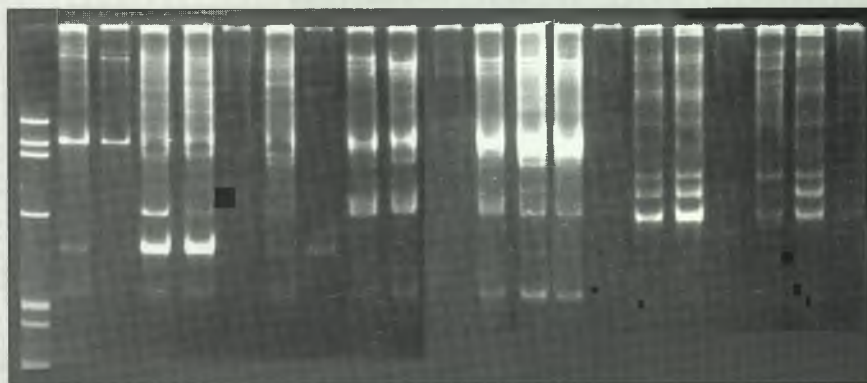
Au laboratoire d'entomologie de l'université Paul Sabatier de Toulouse (France), l'amplification au hasard de certaines portions du génome (Rapid) associée à une réaction de polymérisation en chaîne (Pcr) a été employée pour identifier des échantillons d'adultes

d'origines géographiques diverses et récoltés également sur différentes plantes hôtes. Ces techniques de biologie moléculaire offrent, par rapport à l'analyse enzymatique (encadré I.2), l'avantage de distinguer aisément des espèces ou des souches très proches. L'analyse des profils d'amplification montre l'existence de plusieurs biotypes selon la nature de la plante hôte et le lieu de collecte des individus, par exemple un biotype propre au continent américain distinct du biotype africain. A l'intérieur de celui-ci, on a aussi observé que certaines souches

s'étaient individualisées au point de rendre impossibles les échanges de populations entre plantes hôtes différentes (c'est le cas du manioc et du cotonnier).

On a ainsi pu avancer l'hypothèse que la maladie des cotonniers rouges, observée depuis quelques années au Cameroun et en 1998 dans une grande partie de la zone cotonnière du Burkina Faso, pourrait être liée à l'apparition d'un biotype particulier de *B. tabaci* (NIBOUCHE et al., 1998).

Contact : P. MENOZZI (Cirad-ca, programme Coton, France)

Profils d'amplification obtenus par *Bemisia tabaci*. Cirad



(*Dysdercus* spp., *Diparopsis* spp.) peut se réduire de façon plus ou moins durable. Quand il ne s'agit pas d'introductions accidentelles, ces transformations sont souvent liées aux pratiques agricoles : bouleversement des paysages, modifications des dates de semis, du niveau d'intensification ou de la variété. Les traitements chimiques peuvent expliquer une bonne part des évolutions de l'entomofaune : autres techniques d'application, matières actives nouvelles, destruction de l'entomofaune auxiliaire, voire des équilibres entre ravageurs, développement de la résistance des insectes aux pesticides.

## La recherche est fortement sollicitée et tenue de fournir des solutions évolutives

Sur le plan mondial, les pertes de récolte imputables aux dégâts parasitaires varient de 30 à 50 % du potentiel de production : cela justifie les investissements pour rechercher et développer des pratiques phytosanitaires novatrices et appropriées. Le rôle des organismes de recherche est d'analyser les facteurs intervenant dans la régulation des populations de ravageurs puis de proposer un ensemble de techniques favorisant des équilibres durables. On aboutit à des interventions adaptées aux conditions locales, qu'elles soient climatique, parasitaire ou sociologique (encadré I.5) à des itinéraires techniques répondant aux objectifs des agriculteurs (tableau I.1).

Les exemples d'une culture cotonnière faisant une large part à la lutte biologique sont trop rares pour ne pas être cités : Syrie, Ouzbekistan, certaines régions de Turquie ou du Pérou. Du fait d'un parasitisme souvent virulent et toujours diversifié, la gestion des systèmes de culture fondés sur le cotonnier s'appuie souvent sur la lutte chimique avec, pour conséquences, l'utilisation massive

### Encadré I.5

## Les enquêtes sur les pratiques paysannes : un outil pour la programmation des activités de recherche

Quelles sont les stratégies des agriculteurs en matière d'utilisation des intrants ? Quelles sont les motivations qui les poussent à ignorer ou à modifier les recommandations techniques vulgarisées par les sociétés cotonnières ? Depuis une dizaine d'années, des enquêtes sont menées auprès des cultivateurs de cotonnier d'Afrique de l'Ouest, à l'initiative du Cirad (Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire) ou de sociétés cotonnières (Mali, Tchad).

D'importants écarts se révèlent entre les messages techniques de la vulgarisation et les pratiques paysannes. Les agriculteurs peuvent décider de modifier le message technique à cause de facteurs naturels — état de sécheresse, fertilité de la parcelle, parasitisme observé — ou à cause d'impératifs socio-économiques, comme la disponibilité en main-d'œuvre, l'accès au crédit ou aux intrants. L'économie faite sur les facteurs de production est une règle générale : les agriculteurs sont préoccupés par la réduction des coûts des consommations intermédiaires. Pour la protection phytosanitaire, cela se traduit soit par la suppression des traitements recommandés, notamment en début de campagne, soit par un sous-dosage systématique des quantités de pesticides appliquées selon un calendrier. On observe aussi la situation inverse : en cas de forte pression parasitaire, les paysans augmentent d'abord la dose, puis la fréquence des applications, ce qui met parfois les exploitations en difficulté économique.

La recherche cotonnière a tout intérêt à examiner les résultats de ces enquêtes pour y déceler les raisons objectives des blocages à l'innovation. Du point de vue des orientations de la recherche et du développement, il en découle deux conséquences. D'abord, il est indispensable de diversifier les messages techniques en fonction des objectifs de production de l'agriculteur. Ces objectifs sont définis avant la mise en place de la campagne agricole puis, le cas échéant, ils sont modifiés selon l'évolution des conditions de la campagne. Des grilles de décision peuvent ainsi être élaborées et mises à la disposition des paysans. Enfin, la définition de nouvelles recommandations phytosanitaires doit tenir compte des pratiques dont les agriculteurs ont l'habitude. La lutte étagée ciblée est un exemple à travers lequel la recherche tente d'amener le producteur à décider du sous-dosage à partir d'observations rationnelles faites tout au long de la campagne.

Contact : M. VAISSAYRE (Cirad-ca, programme Coton, France)

### Enquêtes paysannes. Cirad







*Argyroplote leucotreta*,  
défoliateur du cotonnier.  
Cirad



Tableau 1.1. La protection intégrée du cotonnier : les pratiques recommandées.

Pratiques recommandées	Intérêt	Cible
<b>Semences</b>		
Excellente qualité (pureté, pouvoir germinatif)	Pureté variétale, résistance aux maladies, respect de la densité de semis	
Traitement systémique	Protection de la graine et de la plantule	Insectes du sol, jassides et pucerons
Choix variétal	Caractères de résistance	Ravageurs
<b>Pratiques culturales</b>		
Rotation des cultures	Réduire l'incidence des problèmes liés au sol	Nématodes, agents pathogènes
Date de semis ou cycle court	Echapper à certains ravageurs	Acariens, <i>H. armigera</i>
Herbicides	Contrôle de l'enherbement	Adventices
Cycle court ou récolte précoce	Réduire les risques de collage	Pucerons et aleurodes
Destruction des résidus de récolte	Réduire l'incidence des maladies et des insectes pour les campagnes suivantes	<i>P. gossypiella</i>
<b>Lutte chimique raisonnée</b>		
Retarder les interventions	Préserver la faune utile	Pucerons, chenilles de la capsule
Interventions sur seuil	Réduire le nombre d'interventions chimiques	Chenilles de la capsule, pucerons, insectes phyllophages
Choix des matières actives et des doses	Préserver la faune utile	<i>H. armigera</i>
Associer les matières actives	Prévention de la résistance des insectes aux pesticides chimiques	<i>H. armigera</i>
Limiter l'usage des matières actives dans le temps ou l'espace	Respect des calendriers, traitements des seuls foyers d'infestation	Acariens, insectes phyllophages
<b>Formation</b>	Agriculture durable et respectueuse de l'environnement	Agriculteurs, encadrement
<b>Législation</b>	Commercialiser et utiliser des produits homologués	Distributeurs, agriculteurs, encadrement



## Encadré I.6

## Evaluation entomologique de cotonniers transgéniques au Brésil

La culture en grande surface de cotonniers génétiquement modifiés devrait permettre d'assurer une meilleure protection contre les attaques des ravageurs ainsi qu'une baisse de l'emploi des insecticides chimiques. Toutefois, elle comporte certains risques. Des études préalables au laboratoire et au champ sont utiles, d'une part pour évaluer l'efficacité de la protection conférée à la plante vis-à-vis de ses principaux ravageurs et, d'autre part, pour définir les risques invoqués. Ils touchent en particulier la sélection d'insectes vers la résistance aux toxines produites dans la plante par les gènes introduits, la dissémination de ces gènes dans d'autres plantes et les conséquences sur la faune auxiliaire de la culture de cotonniers ayant une résistance génétique à des ravageurs.

Un important projet du Cirad a commencé au Brésil, en partenariat avec la Coodetec (coopérative centrale de recherche de l'Etat du Paraná, Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda) à Cascavel (Etat du Paraná) et en collaboration avec d'autres organismes scientifiques comme l'Inra (Institut national de la recherche agronomique, France) et l'Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisas Agronomicas, Brésil). L'objectif est d'accompagner le développement de cette technologie d'amélioration variétale. A partir de plants transformés par le Cirad, des méthodes d'évaluation du degré de protection obtenu sont élaborées au laboratoire puis au champ ; elles concernent les ravageurs les plus importants de la culture (*Anthonomus grandis* et *Spodoptera frugiperda*). Leur élevage sur milieu artificiel permet de disposer d'insectes pour la réalisation de tests biologiques avec des plants transgéniques. Il est envisagé, plus en amont, d'approfondir les recherches sur l'évaluation de toxines et d'autres molécules présentant un effet insecticide.

Les chercheurs du Cirad qui interviennent en Amérique du Sud mettent également au point des itinéraires culturaux adaptés aux différents types de culture cotonnière de la sous-région. Leurs recommandations portent sur la protection intégrée des nouvelles variétés, après expérimentation dans les zones concernées.

Contacts : P. SILVIE (Cirad-ca, programme Coton, Paraguay), J.-L. BELOT (Cirad-ca, programme Coton, Brésil)



Complexe parasitaire *Bemisia*. Cirad



Tube attractif pour *Anthonomus* dans un champ de cotonnier, Brésil. Cirad



Cotonnier semé après blé, Brésil. M. Vaissayre

d'insecticides et, parfois, des impasses économiques et écologiques (Asie du Sud-Est, Amérique centrale). La forte liaison entre production cotonnière et recours à la lutte chimique a provoqué l'apparition de résistances aux pesticides chez des populations prédatrices. Pour échapper ou pour remédier à de telles situations, le Cirad propose, en complément d'une protection chimique raisonnée, des moyens de lutte tels que des pratiques culturales ainsi que la sélection de variétés ayant un certain degré de résistance à un ravageur présent dans l'écosystème considéré.





Dégâts de jassides. Cirad

Cotonniers transformés génétiquement, en culture *in vitro*. Cirad

Culture du cotonnier, Paraguay. M. Vaissayre

## Les pratiques culturales : un indispensable moyen de lutte

Toutes les pratiques agronomiques entrant dans la conduite de la culture sont concernées : le semis, les cultures associées, la densité de peuplement, le désherbage, le contrôle de la croissance de la plante et la fertilisation. La modification de la date de semis et la destruction des résidus de récolte offrent les résultats les plus spectaculaires de protection des cultures.

### Modifier la date de semis

Les dégâts d'un ravageur sont significatifs si la dynamique de ses populations s'accorde avec le cycle de croissance et de développement du cotonnier. En Afrique de l'Ouest, le choix de dates de semis précoces a permis d'éliminer les problèmes liés au ver rose et de réduire l'incidence économique de la noctuelle *Helicoverpa armigera*. A contrario, dans les zones à pluviométrie bimodale, les semis précoces peuvent exacerber les acarioses et favoriser la présence de *C. leucotreta* (VAISSAYRE *et al.*, 1995).

### Sélection de cultivars résistants. Cirad

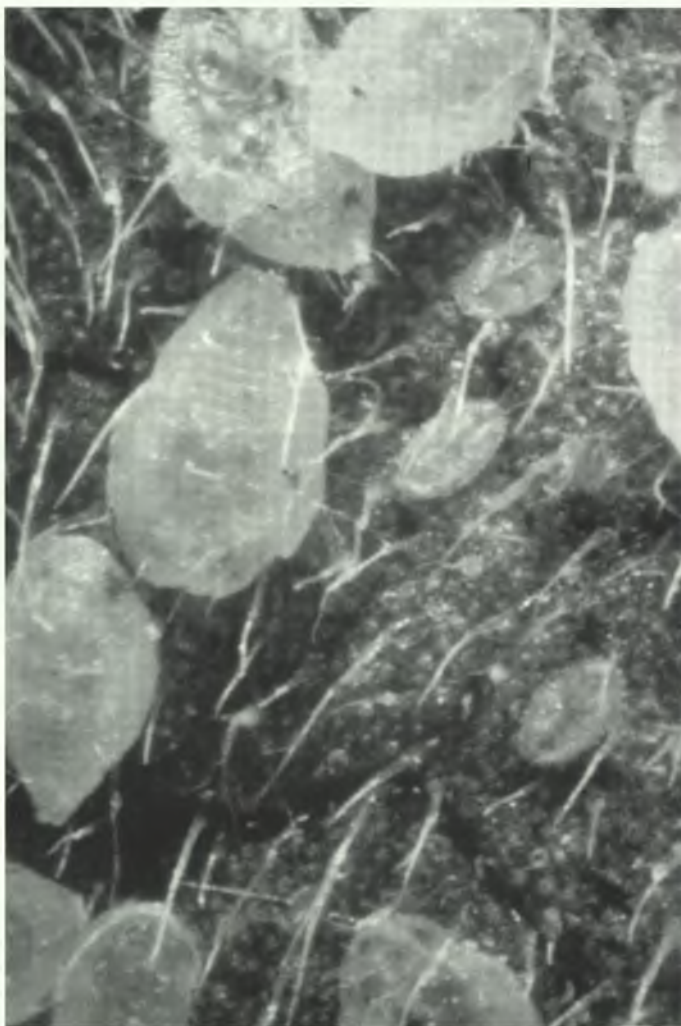






Dégâts sur cotonnier causés par pourridié, Tchad. Cirad

Larves  
d'aleurodes.  
Cirad



## Détruire des cotonniers et leurs résidus après la récolte

La destruction des résidus de récolte est une technique ancienne. Elle vise d'abord les espèces monophages ou oligophages, qui doivent entrer en diapause pour survivre pendant la saison sèche. La plupart de ces insectes se trouvent dans les débris végétaux qui jonchent le sol après la récolte.

L'arrachage des cotonniers permet surtout d'éviter les repousses, dans lesquelles des espèces se concentrent, comme les insectes piqueurs. Faute de disposer de moyens mécaniques pour broyer et enfouir tiges et débris végétaux, les paysans font parfois consommer les parties vertes de la plante par des animaux domestiques avant de procéder à l'arrachage et au brûlage des tiges.

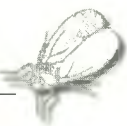
## D'autres techniques

L'irrigation et le labour de fin de cycle sont efficaces pour détruire les espèces en diapause dans les couches superficielles du sol. Les techniques de semis direct méritent une attention particulière de la part des entomologistes car, du point de vue de la destruction de certaines espèces, elles vont à l'encontre du principe du labour de fin de cycle.

## La sélection de cultivars pour la résistance aux ravageurs et aux maladies

L'exploitation de caractères variétaux de résistance est probablement la méthode de lutte la plus séduisante (VAISSAYRE *et al.*, 1995). Il y est largement fait appel pour tout ce qui concerne les maladies du cotonnier, qu'elles soient d'origine fongique, bactérienne ou virale. En revanche, cette démarche appliquée aux insectes ravageurs n'offre pas grand résultat quant à la limitation de leur incidence.





## Les caractères morphologiques

Les caractères morphologiques sont de deux types : barrières physiques à la ponte ou au déplacement des insectes ; propriétés du port ou du feuillage de la plante modifiant les caractéristiques du milieu où évoluent les ravageurs. Le caractère morphologique dont l'introduction est recommandée par le Cirad est la pilosité. Son efficacité remarquable contre les jassides permet de retarder les interventions chimiques. Son intérêt est moindre en culture mécanisée car la fibre récoltée est alors mêlée aux débris végétaux (WILSON, 1986). Certaines variétés à feuilles laciniées, dites *okra*, ont été adoptées en grande culture : le caractère *okra* favorise la circulation de l'air et entraîne la dessiccation des formes larvaires de *Bemisia tabaci*. Il améliore également la pénétration des pesticides dans la masse foliaire.

## Les caractères biochimiques

Les caractères biochimiques constituent un espace de recherche encore trop peu exploité. On connaît des substances chimiques (gossypol, tanins, flavonoïdes) qui sont un facteur d'antibiose contre certains ravageurs (*H. armigera*, jassides, altises). Ces caractères ont été très étudiés aux

Etats-Unis sans retombée réelle pour la création variétale (JENKINS, 1994).

## La transformation génétique du cotonnier

Certains caractères biochimiques sont liés à des gènes. Il est aujourd'hui envisageable de les transférer dans le génome du cotonnier soit par des techniques de sélection, à partir d'espèces du genre *Gossypium*, soit à partir d'autres végétaux, par manipulation génétique. Aujourd'hui, seuls des gènes codant pour l'expression de toxines

issues de *Bacillus thuringiensis* ont été introduits dans le cotonnier et des variétés transformées sont cultivées aux Etats-Unis, en Chine et en Australie. On peut également imaginer qu'à court terme, des inhibiteurs de protéases puissent être introduits dans le génome du cotonnier. Les aspects positifs de cette technique ne doivent pas pour autant occulter les questions posées par la culture de plantes transformées. Les risques de voir rapidement apparaître des insectes résistants aux toxines de *B. thuringiensis* ne sont pas négligeables (TABASHNIK, 1994).

Pâturage en fin de cycle dans un champ de cotonnier. Cirad



Complexe parasitaire *Cryptophlebia*. Cirad



Dégâts de chenilles de la capsules. Cirad

